

2.3. Diffuseur de Schroeder

Un diffuseur est un élément permettant de renvoyer une onde acoustique d'incidence donnée dans toutes les directions de l'espace de façon homogène (Figure 24).

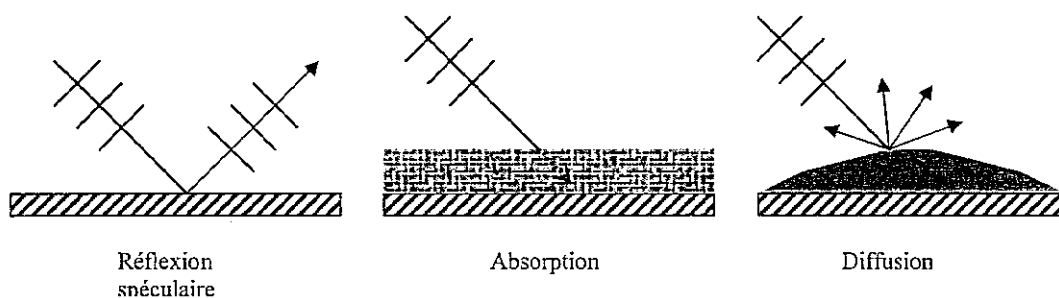


Figure 24 : Illustration des comportements d'une onde acoustique rencontrant différents types de paroi.

Les diffuseurs peuvent être réalisés à partir de surfaces courbes ou à facettes. Chaque « facette » renverra les ondes acoustiques dans une direction différente à condition que leur taille soit supérieure à la longueur d'onde. Ce type de diffuseur n'apporte pas d'absorption significative. Un autre type de diffuseur peut présenter des propriétés d'absorption intéressantes. Il s'agit du diffuseur de Schroeder (Schroeder, 1979), aussi appelé QRD (« quadratic-residue diffuser »)¹ : il est constitué d'une séquence de cellules de profondeur différentes. La séquence des profondeurs est déterminée à partir de la suite :

$$s_n = n^2 \text{ modulo } N,$$

avec n entier et N un nombre premier. Pour $N=7$, on a la séquence suivante : 0,1,4,2,2,4,1. La géométrie correspondante est donnée à la Figure 25.



Figure 25 : Diffuseur de Schroeder de période $N=7$ (2 séquences).

La profondeur de la plus grande cellule d_{max} correspond à une demi-longueur d'onde de la fréquence d'utilisation souhaitée f_d , soit :

¹ Les diffuseurs appelés PRD (« prime root diffuser ») sont basés sur un autre type de séquence (Mechel, 1995).

$$d_{\max} = \frac{c_0}{2f_d},$$

avec c_0 la célérité du son (342 m/s). La bande de fréquence utile est comprise entre $f_{\min} = f_d/2$ et $f_{\max} = c_0/w$, avec w la largeur des cellules (Warner, 1995). La largeur optimale des cellules est donnée par :

$$w = \frac{c_0}{f_d N}.$$

Par exemple, pour une fréquence d'utilisation de 1000 Hz, on a une profondeur maximum de 17 cm, avec une largeur de 5 cm. La bande de fréquence utile est comprise entre 500 Hz et 7000 Hz pour une période de $N=7$. A noter que la largeur de la bande utile vaut $2N$.

Hormis l'effet de diffusion, on observe un effet d'absorption. Cet effet est dû aux pertes au niveau des parois, de la même façon que pour un résonateur quart d'onde. La répartition pseudo-aléatoire permet d'étaler l'effet absorbant sur une plus large bande de fréquence. Les résultats expérimentaux de Fujiwara (1995) montrent un coefficient d'absorption supérieur à 0.2 au dessus de la fréquence minimale comportant des pics de l'ordre de 0.5 (Figure 26).

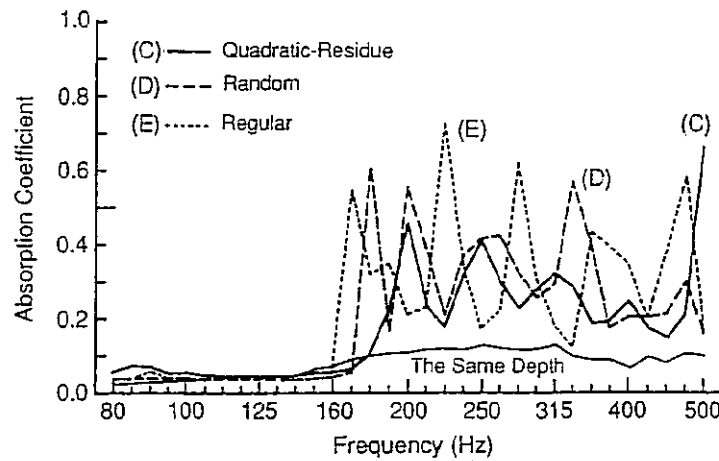


Figure 26 : Absorption de diffuseurs à base de tuyaux d'aluminium de différentes profondeurs : (C) QRD ; (D) variation aléatoire ; (E) variation régulière ; (The Same Depth) profondeur unique (Fujiwara, 1995).

Comme pour les résonateurs quart d'onde, l'absorption peut être augmentée en couvrant les cellules par un film légèrement résistif. Mechel (1995) calcule ainsi des coefficients d'absorption de l'ordre de 0.8 dans la bande de fréquence utile. Cette configuration a pour autre intérêt d'être fortement absorbante quelque soit l'angle d'incidence (Figure 27) : on se rapproche ainsi de l'efficacité des dièdres de matériau absorbant.

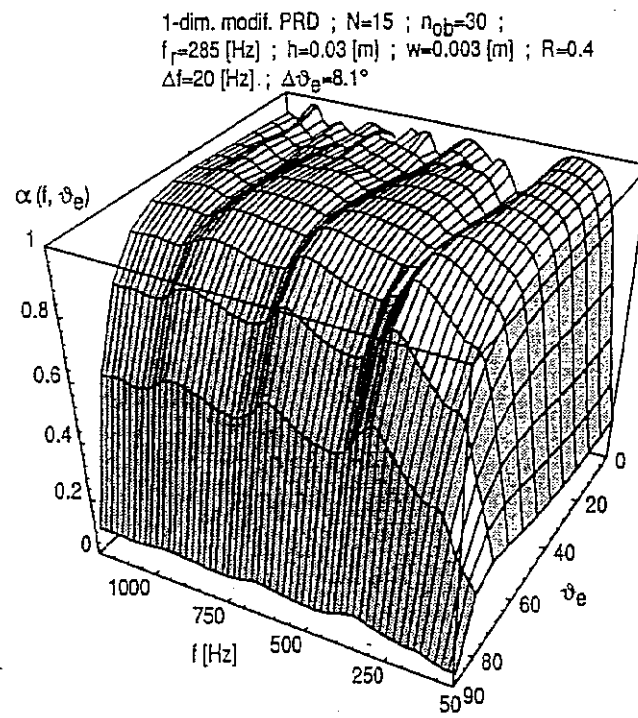


Figure 27 : Coefficient d'absorption fonction de la fréquence et de l'angle d'incidence d'un diffuseur de type PRD couvert d'un film résistif (Mechel, 1995).